Publ. Nr. 2 der MAB-Projektgruppe Stadtökologie

Gaswechselmessungen an stadtbewohnenden Pflanzen

I. Im schwach immittierten Raum

Von BIRGIT KARTUSCH

Mit 3 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 16. Dezember 1976 durch das w. M. W. KÜHNELT)

Im Rahmen des internationalen Programms "Man and the Biosphere" (MAB) werden ökologische Langzeitmessungen über mehrere Vegetationsperioden an mehreren Meßplätzen in der Stadt durchgeführt. Einer dieser Meßplätze wurde im Stadtgebiet von Wien so gewählt, daß von einem verkehrsmäßig fast unbeeinflußten Gebiet gesprochen werden kann. Die an diesem Ort erfaßten Meßdaten sollen in Zukunft zum Vergleich für einen Standort inmitten des Stadtgebietes herangezogen werden, um Aussagen über Streßsituationen der Pflanzen im Stadtgebiet machen zu können. Die Gerätestation ist zur Zeit stabil in einem Holzhaus im Garten der Universität für Bodenkultur installiert. Dieser Umstand sichert gleichmäßige Bedingungen gerade in elektrischer Hinsicht für Meßgeräte und die Datenerfassungsanlage.

Als Versuchspflanzen werden verschiedene Bäume und Sträucher herangezogen; es handelt sich dabei durchwegs um verklontes Material. Die Pflanzen sind in Tontöpfe gepflanzt, die im Boden eingesenkt wurden. Bei dieser Pflanzungsform ist eine zusätzliche Bewässerung notwendig, andererseits ist es für die Meßanordnungen wichtig, relativ beweglich mit dem Pflanzenmaterial zu sein.

Aufbau der Meßstation

Zur Erfassung der Meßwerte steht eine Datenerfassungsanlage der Fa. DATATRONIK Ges. m. b. H., Wien, mit Anschlüssen für zur Zeit sechs Sechsfarbenschreiber der Fa. SCHENK & Co., Wien, zur Verfügung. Die Meßwerte werden registriert und so umgewandelt,

daß sie, auf Lochstreifen gestanzt, für Computerauswertungen geeignet sind. Hierzu senden die Sechsfarbenschreiber Index-Impulse bzw. Adressenimpulse bei einer vorbestimmten internen Adresse. Zwischen Schreiber und Steuereinheit wird eine elektrische Verbindung hergestellt. Das abgegebene Signal wird über einen 8-Bit-Analog-Digital-Konverter in digitale Form gebracht und auf Streifen abgelocht. Jeder Meßwert wird um Startzeichen, Adresse des Schreibers und Adresse für den gewählten Subkanal, der hier mit den verschiedenen Farben des Sechsfarbenschreibers identisch ist, erweitert. Zusätzliche Informationen, wie Bezeichnung von Versuchsreihen, Zeit und Dateneingabe für den Protokollkopf, können durch eine numerische Tastatur eingegeben werden. Da die Interrupt-Impulse je nach Synchronlauf der Schreiber in beliebiger Reihenfolge erfolgen können, ist eine eindeutig abgegrenzte Zeitmarke von den Schreibern nicht abzuleiten. Der Zeitmarkenimpuls wird jede Minute von einer Uhr abgegeben.

Jeder Meßzyklus dauert 12 Minuten. In dieser Zeit werden die Meßwerte der angeschlossenen Fühler mindestens einmal erfaßt. Die Meßintervalle der einzelnen Schreiber sind auf zwei Minuten festgelegt, mit Ausnahme der Taupunkttemperatur und Lufttemperatur der Psychrometer, sie werden jede Minute erfaßt, so daß nach zwei Minuten ein Wertepaar zur Berechnung der relativen Luftfeuchte zur Verfügung steht.

Als Meßfühler sind 4 Sternpyranometer, 2 Strahlungsbilanzmesser, 12 Platinwiderstandsthermometer, von denen 6 für Bodenmessungen ausgelegt sind und 6 zu Temperaturmessungen in den URAS-Küvetten herangezogen werden, außerdem 3 Psychrometer vom Typ FO-Psy-150 (SCHENK & Co., Wien), an die verschiedenen Sechsfarbenschreiber angeschlossen. Die CO_2-Gaswechselmessungen werden mit dem URAS 2 (HARTMANN und BRAUN, Frankfurt) durchgeführt. Die Registrierung dieser Meßwerte erfolgt ebenfalls mit einem Sechsfarbenschreiber der Firma SCHENK & Co., der wie die anderen Schreiber an die Datenerfassungsanlage angepaßt wurde.

Aufbau der Meßküvette für URAS-Messungen (Abb. 1)

Das Grundgerüst der Küvette besteht aus 3 mm starken Vedrilplatten mit den Maßen 13×18 cm, die Seitenwände sind 2 cm hoch. Ebenfalls 2 cm breit sind die Vedril-Leisten, die als Führung für die Folie dienen. In die zwei Seitenwände sind je eine Ansatzstelle für die Schläuche eingelassen, eine Seitenwand besitzt außerdem einen 1 cm tiefen Schlitz für den Blattstiel des

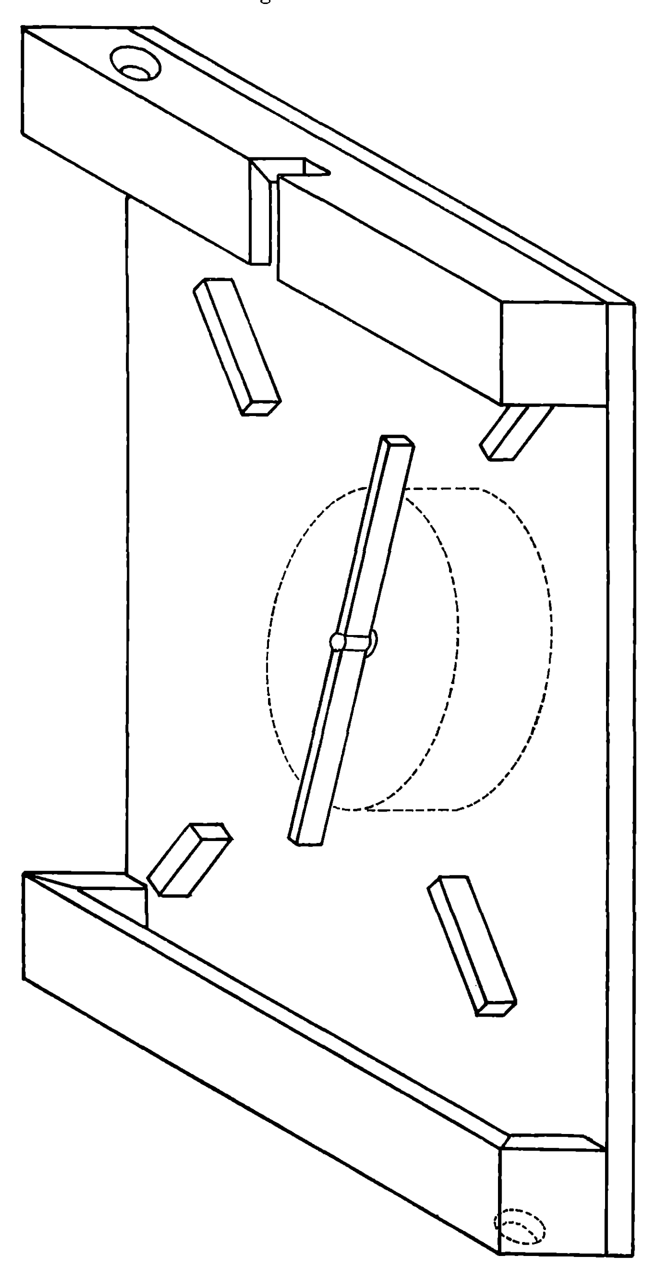
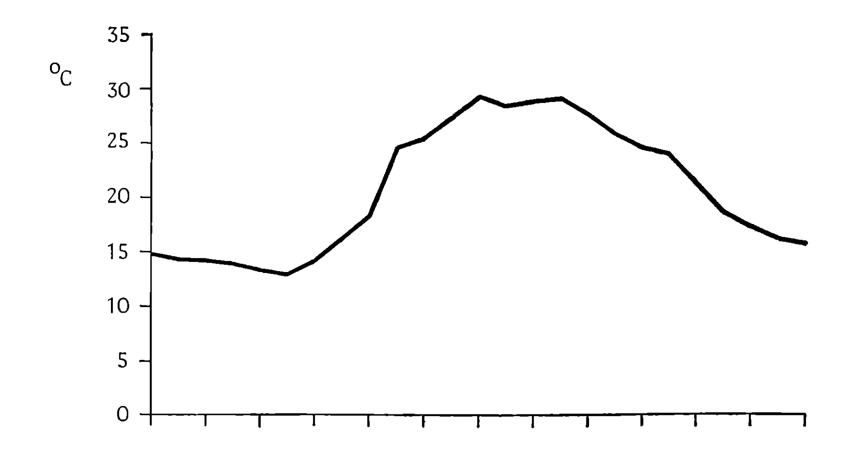


Abb. 1. Darstellung des Grundgerüstes der URAS-Küvette

küvettierten Blattes. An die Grundplatte wurde von außen ein Synchronmotor (CROUZET, Frankreich) mit einer Dauerleistung von 750 Umdrehungen in der Minute angeklebt, der Drehstab ragt durch eine genaue Bohrung in der Mitte der Grundplatte etwa 1 cm in die Küvette hinein. Der Rotor wurde ebenfalls aus Vedril hergestellt. Über den Rotor ist ein feines Drahtnetz gespannt, das dem Blatt eine zusätzliche Fixierung bietet und das Blatt hindert, mit dem Rotor in Berührung zu kommen. Nach Einführung des Blattstiels durch den Schlitz und nach Abdichtung zwischen Stiel und Schlitz mit Terostat wird über die freibleibenden Seiten und die Oberfläche eine 0,028 mm starke Polypropylenfolie „Propafilm C" (ICI Ltd., England) geklebt (nähere Daten über die Folie bei ŠESTAK, CATSKY and JARVIS in: Plant Photosynthetic Production, 1971).

Vergleich einer ventilierten und einer nicht ventilierten Küvette

Da eine große Zahl von Gaswechselmessungen bisher mit unventilierten Küvetten durchgeführt wurde, diese Gaswechselmessungen aber zu unseren Versuchen in Beziehung gesetzt werden müssen, wurde im Feldversuch die ventilierte mit der unventilierten Küvette verglichen. In Abb. 2 ist ein Versuch an *Acer platanoides* dargestellt. Der Vergleich zwischen einer ventilierten und einer nicht ventilierten Küvette, in die zwei etwa gleichgroße



Zu Abbildung 2

gegenständige Ahornblätter küvettiert wurden, zeigen unter gleichen Außenbedingungen an einem schönen Hochsommertag eine Photosyntheseleistung, die in der nicht ventilierten Küvette um etwa 50% geringer ist als in der ventilierten Küvette, während

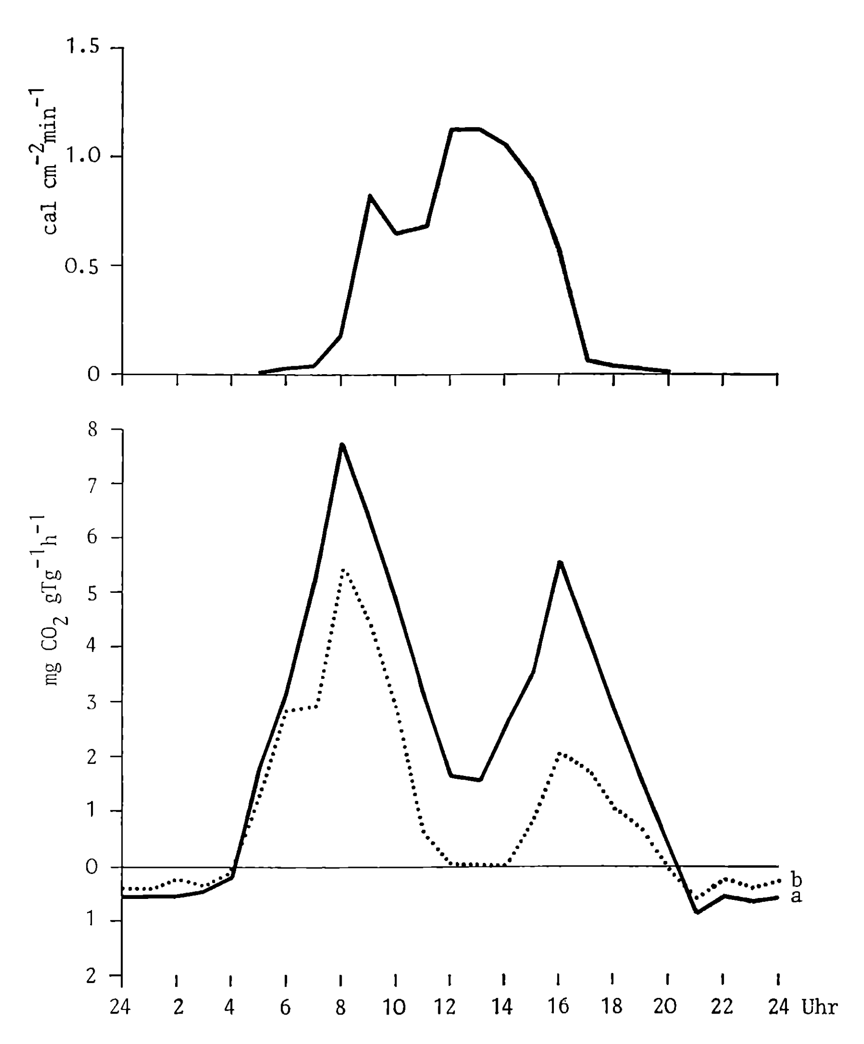


Abb. 2. *Acer platanoides.* Gasstoffwechsel in einer a) ventilierten und b) nicht ventilierten Küvette bei gleichen äußeren Bedingungen

die Dunkelatmung in der ventilierten Küvette um 50% gesteigert ist. Dieser Versuch zeigt, daß bei der Küvettierung eines relativ großen Blattes, wie z. B. bei *Acer*, Schwierigkeiten auftreten, wenn nicht bestimmte Bedingungen eingehalten werden. Ein Ahornblatt nimmt unter günstigen Bedingungen zwischen 15 und 20 mg CO_2 g TG $^{-1}$ h $^{-1}$ auf. Das Volumen der Küvette, durch die Blattgröße bestimmt, nimmt eine Größe an, bei der eine Durchströmungsmenge von 30 l/h die Grenzschichtwiderstände am Blatt nicht mehr abbauen kann (GRACE 1975). Es ist daher unbedingt eine stärkere Luftbewegung in der Küvette notwendig, um dem Blatt das in der angesaugten Außenluft vorhandene CO_2 zur optimalen Photosyntheseleistung wirklich zur Verfügung stellen zu können.

Tagesverlauf der apparenten Photosynthese und der Dunkelatmung von *Picea abies* im Stadtbereich von Wien in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren und von der Jahreszeit.

In Abb. 3 sind Tagesverläufe des Gasstoffwechsels von *Picea abies* zu verschiedenen Jahreszeiten im Zeitraum von Oktober 1975 bis Juli 1976 und die dazugehörigen Strahlungs- und Temperaturverläufe dargestellt.

Am 17. 10. 75 wurden bei kaum schwankenden Tages- und Nachttemperaturen um 10° C äußerst niedrige Strahlungswerte gemessen; die Photosyntheseleistung war relativ hoch. Nach einem Absinken am Vormittag stiegen die Werte wieder an, erreichten aber nicht mehr die Höhe der vorangegangenen. Die Dunkelatmung verlief gleichmäßig ohne Schwankungen.

Auch am 20. 1. 76 wurden bei geringer Einstrahlung Tageshöchsttemperaturen nicht über 10° C gemessen; allerdings fielen die nächtlichen Temperaturen auf 2,5° C ab. Die apparente Photosynthese stieg in den Mittagsstunden ohne Schwankungen auf mittlere Werte an, die Oktoberwerte wurden allerdings nicht erreicht. Während der Nachtstunden fand keine Dunkelatmung statt, die Werte blieben am Kompensationspunkt. Die tiefen Nachttemperaturen verhindern die Dunkelatmung und wirken auch auf das Photosynthesevermögen während des Tages nach.

Am 4. 2. 76 war bei maximaler Tagestemperatur von 7° C und einem nächtlichen Minimum knapp unter 0° C bei geringer Einstrahlung die apparente Photosynthese kaum meßbar. Auch hier wurde kein CO_2 während der Nachtstunden freigesetzt. Im

Februar schien die Kältegrenze nahezu erreicht gewesen zu sein; womit die geringe Photosyntheseleistung erklärt werden kann.

Am 28. 4. 76 lag bei sehr hoher Einstrahlung das Tagesmaximum bei 17° C und das Minimum bei 3° C. Die Photosyntheseleistung war über einen längeren Zeitraum relativ hoch, während die Dunkelatmung wieder an die Werte vom Oktober heranreichte. Trotz tiefer Nachttemperaturen reichten für *Picea abies* die Tagestemperaturen mit der Einstrahlung aus, hohe Photosyntheseleistungen zu erbringen.

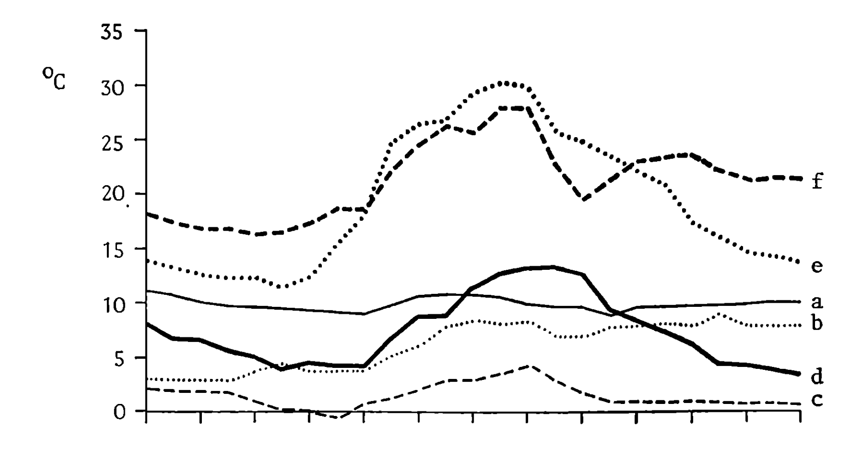
Am 18. 5. 76 war die Photosyntheseleistung in den Morgenstunden noch hoch, mit dem steilen Anstieg der Temperaturen bis auf 30° C sank die Photosynthese fast auf den Kompensationspunkt ab. Während des Temperaturabfalls am Nachmittag wurde zwar eine Erholung beobachtet, doch erreichten die Werte bei weitem nicht mehr die Größe der Vormittagswerte. Zu diesem Zeitpunkt war eine starke und auch relativ deutlich schwankende Dunkelatmung festzustellen, die wohl mit dem physiologischen Zustand der Pflanze während des Knospenaustriebs zu erklären ist.

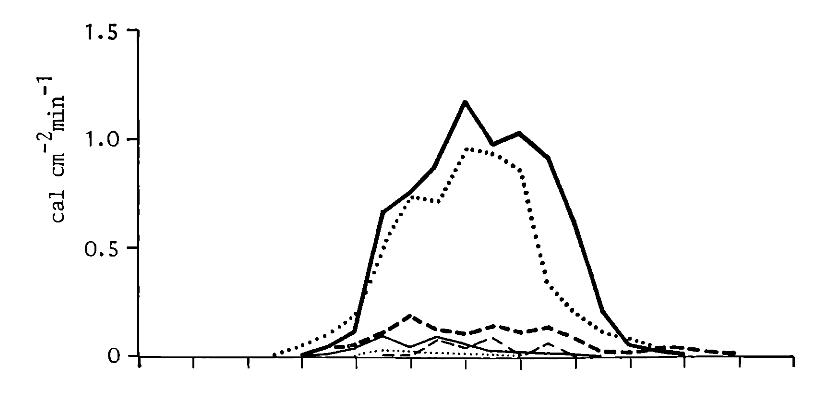
Am 13. 7. 76 wurden bei hohen Tagestemperaturen und auch höheren Nachttemperaturen und geringer Einstrahlung hohe Photosynthesewerte am Vormittag registriert. Am Nachmittag sanken die Werte sogar für kurze Zeit unter den Kompensationspunkt ab. In der Folge kam es auch hier wieder zu einer kurzen und geringen Erholung der Photosynthese.

Picea abies scheint sich an niedrige Temperaturen hauptsächlich dadurch anzupassen, daß keine Dunkelatmung stattfindet, so daß die Nettophotosynthese trotz geringer Photosyntheseleistung während des Tages eine positive Bilanz zeigt. Die geschilderten Kurvenverläufe zeigen eine Abhängigkeit der Photosyntheseleistung von Temperatur und Einstrahlung, die allerdings stark mit dem jahreszeitlich bedingten physiologischen Zustand der Pflanze verbunden ist.

Steigen die Temperaturen auch tagsüber nicht über 5° C an, kann *Picea abies* kaum Photosynthese betreiben. Sind die Temperaturen nachts niedrig und steigen während des Tages nicht über 20° C an, findet bei hoher Einstrahlung eine relativ hohe Photosynthese statt. Bei hohen Tages- und Nachttemperaturen und geringer Einstrahlung wird die Photosynthese relativ früh eingeschränkt. Für *Picea abies* scheinen Tagestemperaturen zwischen 10 und 15° C günstig zu sein, bei denen durchwegs, auch bei geringer Einstrahlung, eine Photosynthese zu beobachten ist.

Genauere Aussagen über die Wechselwirkungen zwischen den genannten und anderen klimatischen Faktoren und dem Gasstoff-





Zu Abbildung 3

wechsel verschiedener Pflanzen lassen sich erst nach Auswertung einer größeren und über längere Zeiträume erfaßten Anzahl von Meßwerten erzielen. Die gewonnenen Werte sollen vor allem als Vergleichsbasis für nachfolgende Gaswechselmessungen in stark immittierten städtischen Bereichen von Wien (Schottenring) herangezogen werden. Es wird zu prüfen sein, ob und wie das normale Gaswechselverhalten von *Picea* in der Koppelung von inneren Faktoren (physiologischer Zustand) und äußeren Faktoren (Kleinklima) verändert wird. Der beschriebene Aufbau der Station bietet hierzu die Möglichkeiten, da durch die Erfassung der Daten auf Lochstreifen der Einsatz von Großrechenanlagen möglich ist.

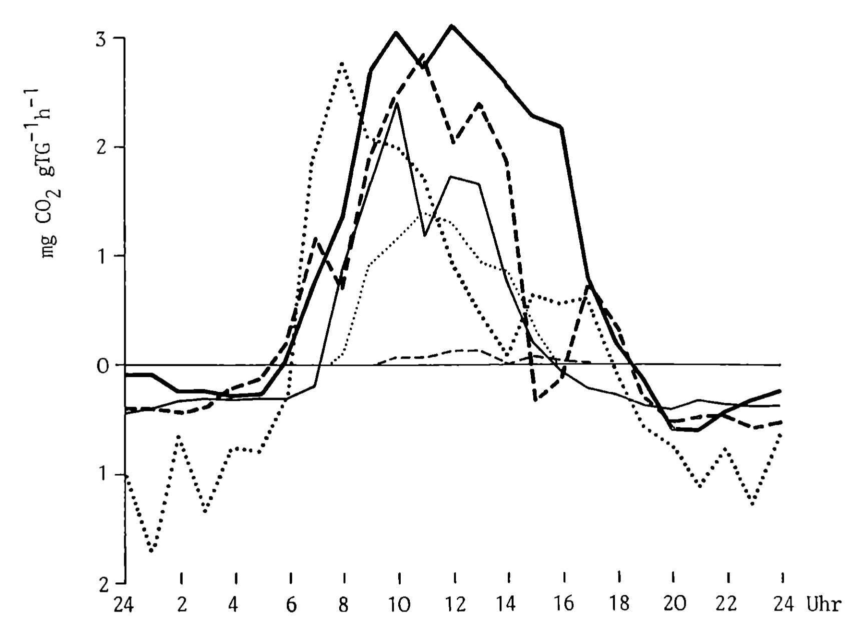


Abb. 3. *Picea abies*. Tagesverläufe des Gasstoffwechsels zu verschiedenen Jahreszeiten mit den zugehörigen Temperatur- und Einstrahlungswerten. a: 17. 10. 75; b: 20. 1. 76; c: 4. 2. 76; d: 28. 4. 76; e: 18. 5. 76; f: 13. 7. 76

Die ursprüngliche Idee zur Aufstellung der beschriebenen Gaswechselmessungs- mit kombinierter Datenerfassungsanlage geht auf den verstorbenen Dr. Wolfgang Rottenburg zurück, dem die erste technische Durchplanung zu verdanken ist.

Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich, der Kommission für Urbanökologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Magistrat der Stadt Wien sei für die Unterstützung der Arbeit gedankt.

Für die Anfertigung der Zeichnungen danke ich Herrn Dr. Gerhard Draxler.

Literatur

Grace, J.: Wind damages to vegetation. Cur. Ad. 6 (6): 883—894. 1975.

Šesták, Z., J. Catsky & P. G. Jarvis: Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods. Dr. W. Jung N. V. Publishers. The Hague. 1971.